

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102016659 A

(43) 申请公布日 2011.04.13

(21) 申请号 200980114666.7

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理

(22) 申请日 2009.03.27

有限公司 11112

(30) 优先权数据

61/040,910 2008.03.31 US

代理人 顾红霞 何胜勇

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010.10.25

(51) Int. Cl.

G02B 5/30 (2006.01)

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2009/038585 2009.03.27

(87) PCT申请的公布数据

W02009/123928 EN 2009.10.08

(71) 申请人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

(72) 发明人 克里斯托弗·J·德克斯

迈克尔·F·韦伯 尚德恩·D·哈特

卡尔·A·斯托弗

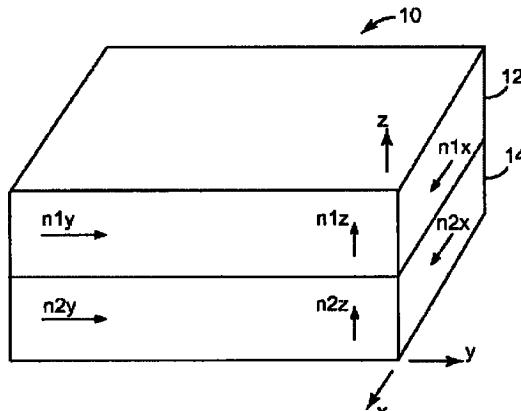
权利要求书 4 页 说明书 16 页 附图 6 页

(54) 发明名称

具有优化增益的较少层数反射型偏振器

(57) 摘要

本发明公开了多层反射偏振膜，所述偏振膜具有在相邻微层之间沿所述透光轴和阻光轴增加的面内折射率差值，并且具有在相邻微层之间沿所述厚度或 z 轴的负折射率差值。所述膜暴露于空气中的前后主表面为所述透光轴反射率提供了菲涅耳反射率分量，所述微层为所述透光轴反射率提供了微层分量，这种微层分量优选地具有对 p 偏振光的反射率，所述对 p 偏振光的反射率随入射角增加而增加，并且增加速度快于所述菲涅耳反射率分量的减小速度，从而基本上避免 p 偏振光的偏轴增益峰值。所述膜优选地采用布置成具有单调光学重复单元厚度分布的单一相干叠堆的总数相对较少的微层，并且至少一些微层优选地包含聚萘二甲酸乙二醇酯或其共聚物。



1. 一种具有阻光轴 (x) 和透光轴 (y) 的反射型偏振器，包括：

第一主表面和相背对的第二主表面，所述第一主表面和所述第二主表面暴露于空气中，因而具有布鲁斯特角反射最小值，所述第一主表面和所述第二主表面被设置为垂直于 z 轴，所述 z 轴本身垂直于所述 x 轴和所述 y 轴；和

N 个微层的叠堆，所述叠堆设置在所述第一主表面和所述第二主表面之间并且布置为成对的相邻微层，所述微层具有分别沿所述 x 轴、所述 y 轴和所述 z 轴的折射率差值 Δn_x 、 Δn_y 和 Δn_z ， $\Delta n_x > \Delta n_y > 0 > \Delta n_z$ ；

其中数量 N 和所述折射率差值 Δn_x 的组合足够大，以使所述反射型偏振器对于沿所述 x 轴偏振的垂直入射光具有高反射率 Rblocknormal，Rblocknormal 为至少 80%；

所述数量 N 和所述折射率差值 Δn_y 的组合足够小，以使所述反射型偏振器对于沿所述 y 轴偏振的垂直入射光具有低反射率 Rpassnormal，Rpassnormal 为 25% 或更小；

所述数量 N 和所述折射率差值 Δn_z 的组合足够大，以使所述反射型偏振器对于以所述第一主表面的所述布鲁斯特角入射到所述 y-z 平面内的 p 偏振光具有大于 Rpassnormal 的反射率；和

Δn_y 是 Rpassnormal 产生增量部分 Rpassinc 的原因， Δn_x 的等于 Δn_y 的对应部分是 Rblocknormal 产生增量部分 Rblockinc 的原因，并且所述数量 N 足够小，以使得 Rblockinc 与 Rpassinc 相当。

2. 根据权利要求 1 所述的偏振器，其中 Rblockinc 为 Rpassinc 的至少一半。

3. 根据权利要求 1 所述的偏振器，其中 Rblockinc 为至少 Rpassinc。

4. 根据权利要求 1 所述的偏振器，其中 Rblocknormal 为至少 90%。

5. 根据权利要求 1 所述的偏振器，其中 Rblocknormal 为至少 95%。

6. 根据权利要求 1 所述的偏振器，其中 Rpassnormal 为 20% 或更小。

7. 根据权利要求 1 所述的偏振器，其中 Rpassnormal 为 15% 或更小。

8. 根据权利要求 1 所述的偏振器，其中 Rpassnormal 比所述第一主表面和所述第二主表面的组合垂直入射反射率大至少 2%。

9. 根据权利要求 1 所述的偏振器，其中所述反射型偏振器在插入背光源腔内时产生增益，并且所述增益相对于参数 $\Delta \Delta n$ 基本上最大化，所述参数 $\Delta \Delta n$ 可用于同等地增加或减小所述折射率差值 Δn_x 、 Δn_y 、 Δn_z 。

10. 根据权利要求 9 所述的偏振器，其中特定值 $\Delta \Delta n$ 获得最大增益，并且所述折射率差值 Δn_x 、 Δn_y 和 Δn_z 产生的增益是最大增益的至少 90%。

11. 根据权利要求 9 所述的偏振器，其中所述增益为同轴增益或半球增益。

12. 根据权利要求 1 所述的偏振器，其中所述 N 个微层的叠堆包括设置在所述第一主表面和所述第二主表面之间的所有微层。

13. 根据权利要求 1 所述的偏振器，其中所述微层中的至少一些包含聚萘二甲酸乙二醇酯或其共聚物，并且 N 在从 275 至 325 的范围内。

14. 根据权利要求 1 所述的偏振器，其中所述数量 N 和所述折射率差值 Δn_y 的组合足够大，以使得所述反射型偏振器对于入射到所述 y-z 平面内的 p 偏振光具有如下反射率：所述反射率随相对于所述 z 轴的入射角增加而单调增加。

15. 根据权利要求 1 所述的偏振器，还包括用粘合剂附接到所述反射型偏振器的机械

加固基底，所述机械加固基底具有产生光漫射和 / 或准直的结构化表面。

16. 一种具有阻光轴 (x) 和透光轴 (y) 的反射型偏振器，包括：

第一主表面和相背对的第二主表面，所述第一主表面和第二主表面暴露于空气中，因而具有布鲁斯特角反射最小值，所述第一主表面和所述第二主表面被设置为垂直于 z 轴，所述 z 轴本身垂直于所述 x 轴和所述 y 轴；和

N 个微层的叠堆，所述叠堆设置在所述第一主表面和所述第二主表面之间，并且布置为成对的相邻微层，所述微层具有分别沿所述 x 轴、所述 y 轴和所述 z 轴的折射率差值 Δnx 、 Δny 和 Δnz ， $\Delta nx > \Delta ny > 0 > \Delta nz$ ，并且所述微层被布置成每个都具有光学厚度的光学重复单元，所述光学重复单元被布置用于提供基本单调的光学厚度分布；

其中所述反射型偏振器对于沿所述 x 轴偏振的垂直入射光具有高反射率 Rblocknormal，并对沿所述 y 轴偏振的垂直入射光具有低反射率 Rpassnormal，Rblocknormal 为至少 80%，Rpassnormal 小于 25%，但比所述第一主表面和所述第二主表面的组合垂直入射反射率大至少 2%；和

所述反射型偏振器对于以所述第一主表面的所述布鲁斯特角入射到所述 y-z 平面的 p 偏振光具有大于 Rpassnormal 的反射率。

17. 根据权利要求 16 所述的偏振器，其中所述 N 个微层中的至少一些包含聚萘二甲酸乙二醇酯或其共聚物，并且 N 为 350 或更小。

18. 根据权利要求 17 所述的偏振器，其中 N 为 300 或更小。

19. 根据权利要求 17 所述的偏振器，其中 N 在从 250 至 350 的范围内。

20. 根据权利要求 17 所述的偏振器，其中 N 在从 275 至 325 的范围内。

21. 根据权利要求 16 所述的偏振器，其中所述 N 个微层中的至少一些包含聚对苯二甲酸乙二醇酯或其共聚物，并且 N 为 800 或更小。

22. 根据权利要求 21 所述的偏振器，其中 N 为 650 或更小。

23. 根据权利要求 21 所述的偏振器，其中 N 在从 300 至 650 的范围内。

24. 根据权利要求 21 所述的偏振器，其中 N 在从 500 至 650 的范围内。

25. 根据权利要求 16 所述的偏振器，其中所述 N 个微层的叠堆包括设置在所述第一主表面和所述第二主表面之间的所有微层。

26. 根据权利要求 16 所述的偏振器，其中 Δnx 为至少 0.2， Δny 小于 0.05。

27. 根据权利要求 16 所述的偏振器，其中所述第一主表面和所述第二主表面对于入射到所述 y-z 平面内的 p 偏振光具有随入射角增加而减小的组合反射率；并且所述 N 个微层的叠堆对于此类光具有随入射角增加而增加的反射率，所述反射率的增加速度比所述第一主表面和所述第二主表面的所述组合反射率的减小速度更快，以使所述反射型偏振器对于入射到所述 y-z 平面内的 p 偏振光的反射率单调增加。

28. 根据权利要求 16 所述的偏振器，还包括用粘合剂附接到所述反射型偏振器的机械加固基底，所述机械加固基底具有产生光漫射和 / 或准直的结构化表面。

29. 一种制备具有阻光轴 (x) 和透光轴 (y) 的反射型偏振器的方法，所述方法包括：

选择第一聚合物材料和第二聚合物材料；

将所述第一聚合物材料和所述第二聚合物材料共挤出，以提供具有暴露于空气中的相对主表面的聚合物膜，所述主表面垂直于 z 轴设置，所述 z 轴本身垂直于所述 x 轴和所

述 y 轴，所述聚合物膜包括设置在所述主表面之间的 N 个层的叠堆，所述 N 个层包括与所述第二聚合物材料的层交替的所述第一聚合物材料的层；和

将所述聚合物膜进行取向，以将所述 N 个层转化为布置成成对的相邻微层的 N 个微层，所述微层具有分别沿所述 x 轴、所述 y 轴和所述 z 轴的折射率差值 Δn_x 、 Δn_y 和 Δn_z ，使得 $\Delta n_x > \Delta n_y > 0 > \Delta n_z$ ；

选择数量 N 和所述折射率差值 Δn_x 的组合使所述组合足够大，以使得所述反射型偏振器对于沿所述 x 轴偏振的垂直入射光具有高反射率 Rblocknormal，Rblocknormal 为至少 80%；

选择所述数量 N 和所述折射率差值 Δn_y 的组合使所述组合足够小，以使得所述反射型偏振器对于沿所述 y 轴偏振的垂直入射光具有低反射率 Rpassnormal，Rpassnormal 为 25% 或更小；

选择所述数量 N 和所述折射率差值 Δn_y 的组合使所述组合足够大，以使得所述反射型偏振器对于以所述第一主表面的所述布鲁斯特角入射到所述 y-z 平面内的 p 偏振光具有大于 Rpassnormal 的反射率；和

选择所述数量 N 使其足够小，使得 Rblocknormal 的增量部分 Rblockinc 与 Rpassnormal 的增量部分 Rpassinc 相当，其中 Δn_y 是产生增量部分 Rpassinc 的原因，并且 Δn_x 的等于 Δn_y 的对应部分是产生 Rblocknormal 的所述增量部分 Rblockinc 的原因。

30. 根据权利要求 29 所述的方法，其中所述反射型偏振器在插入背光源腔时产生增益，并且至少进行选择所述第一聚合物材料和所述第二聚合物材料的步骤、共挤出所述第一聚合物材料和所述第二聚合物材料的步骤、以及取向所述聚合物膜的步骤，以使所述增益相对于参数 $\Delta \Delta n$ 基本上最大化，所述折射率差值 Δn_x 、 Δn_y 和 Δn_z 都可相等地增加或减少 $\Delta \Delta n$ 。

31. 根据权利要求 30 所述的方法，其中所述参数 $\Delta \Delta n$ 的特定值实现最大增益，并且至少进行选择所述第一聚合物材料和所述第二聚合物材料的步骤、共挤出所述第一聚合物材料和所述第二聚合物材料的步骤、以及取向所述聚合物膜的步骤，以使得提供的增益为所述最大增益的至少 90%。

32. 根据权利要求 29 所述的方法，其中至少所述第一聚合物材料包含聚萘二甲酸乙二醇酯或其共聚物，并且 N 在从 275 至 325 的范围内。

33. 根据权利要求 29 所述的方法，其中在取向所述聚合物膜的步骤之后，所述 N 个微层的叠堆包括设置在所述主表面之间的所有微层。

34. 根据权利要求 29 所述的方法，其中在取向所述聚合物膜的步骤之后，包含所述第一聚合物材料的微层具有双折射性，并且包含所述第二聚合物材料的微层为各向同性的。

35. 根据权利要求 1 所述的偏振器，其中 Rblocknormal、Rpassnormal、Rblockinc 和 Rpassinc 均为在从 400nm 至 700nm 的波长范围内的平均值。

36. 根据权利要求 1 所述的偏振器，其中 Rblocknormal、Rpassnormal、Rblockinc 和 Rpassinc 均为在从 400nm 至 925nm 的波长范围内的平均值。

37. 根据权利要求 16 所述的偏振器，其中 Rblocknormal 和 Rpassnormal 均为在从 400nm 至 700nm 的波长范围内的平均值。

38. 根据权利要求 16 所述的偏振器，其中 Rblocknormal 和 Rpassnormal 均为在从 400nm 至 925nm 的波长范围内的平均值。

39. 根据权利要求 29 所述的方法，其中 Rblocknormal、Rpassnormal、Rblockinc 和 Rpassinc 均为在从 400nm 至 700nm 的波长范围内的平均值。

40. 根据权利要求 29 所述的方法，其中 Rblocknormal、Rpassnormal、Rblockinc 和 Rpassinc 均为在从 400nm 至 925nm 的波长范围内的平均值。

具有优化增益的较少层数反射型偏振器

[0001] 相关专利申请

[0002] 本专利申请要求于 2008 年 3 月 31 日提交的美国临时专利申请 No.61/040910 的优先权，该临时专利申请的公开内容全文以引用方式并入。

技术领域

[0003] 本发明整体涉及多层光学膜，这类膜的具体应用被构造为适合在视觉显示系统的背光源中使用的偏振器。

背景技术

[0004] 多层光学膜（即至少部分地采用不同折射率的微层构造以提供期望的透射和 / 或反射特性的膜）已为人知。 众所周知，这类多层光学膜通过在真空室中将无机材料有序地在基底上沉积成光学薄层（“微层”）而制成。 无机多层光学膜在（例如）下列教科书中有所描述：H.A.Macleod, *Thin-Film Optical Filters*, 2nd Ed., Macmillan Publishing Co.(1986)（膜式滤光器，H.A.Macleod, Macmillan Publishing 公司，1986 第 2 版）；以及 A.Thelan, *Design of Optical Interference Filters*, McGraw-Hill, Inc.(1989)（光学干涉滤波器的设计，A.Thelan, McGraw-Hill 公司，1989 年）。

[0005] 也已通过共挤出交替的聚合物层展示了多层光学膜。 参见例如美国专利 No.3,610,729(Rogers)、4,446,305(Rogers 等人)、4,540,623(Im 等人)、5,448,404(Schrenk 等人) 以及 5,882,774(Jonza 等人)。 在这些种聚合物多层光学膜中，主要使用或者仅仅使用聚合物材料来构成各层。 此类膜可以采用大量生产的方法进行制造，并且可制成大型薄板和卷材。

[0006] 多层光学膜包括具有不同折射率特性的各个微层，从而在相邻微层间的界面上反射一些光。 微层很薄，足以使在多个界面处反射的光经受相长干涉或相消干涉作用，从而赋予多层光学膜以期望的反射或透射特性。 对于设计用于反射紫外光、可见光或近红外波长光的多层光学膜而言，各微层的光学厚度（物理厚度乘以折射率）一般小于约 1mm。 通常也可以包括更厚的层，例如位于多层光学膜的外表面处的表层或者设置在多层光学膜内用以分隔微层的固有组（本文称为“层组”）的保护性边界层（PBL）。

[0007] 对于偏振应用（如反射型偏振器），至少一些光学层利用双折射聚合物形成，其中聚合物的折射率沿聚合物的正交笛卡尔轴具有不同值。 一般来讲，双折射聚合物微层的正交笛卡尔轴由层平面的法线（z 轴）定义，并且 x 轴和 y 轴位于层平面之内。 双折射聚合物也可用于非偏振应用。

[0008] 在一些情况下，微层的厚度和折射率值相当于 1/4 波长叠加，即微层被布置成光学重复单元或单位单元的形式，每个光学重复单元或单位单元均具有光学厚度（f-比率 = 50%）相同的两个邻近微层，这类光学重复单元可通过相长干涉有效地反射光，被反射光的波长是光学重复单元总光学厚度的两倍。 还知道其他层结构，诸如具有 2 微层光学重复单元的多层光学膜（其 f- 比率不同于 50%），或光学重复单元包括两个以上微层的

膜。可对这些光学重复单元设计进行配置以减少或增加某些高阶反射。请参阅(例如)美国专利 No.5,360,659(Arends 等人)和 No.5,103,337(Schrenk 等人)。利用沿膜厚度轴(如 z 轴)的厚度梯度可以提供加宽的反射谱带,例如在人的整个可视区域内延伸并进入近红外区的反射谱带,从而当谱带在倾斜的入射角处转移到较短波长时,微层叠堆继续在整个可见光谱内反射。通过调整厚度梯度来锐化谱带边缘(即高反射与高透射之间的波长转变处)在美国专利 6,157,490(Wheatley 等人)中有所讨论。

[0009] 有关多层光学膜和相关设计与构造的更多细节在下列文献中有所讨论:美国专利 5,882,774(Jonza 等人)和 6,531,230(Weber 等人)、PCT 公开 WO 95/17303(Onderkirk 等人)和 WO 99/39224(Onderkirk 等人)、以及公开标题为“Giant Birefringent Optics in Multilayer Polymer Mirrors”, Science, Vol.287, March 2000(Weber et al.) (多层聚合物反射镜内的大型双折射光学器件, Weber 等人,《科学》2000 年 3 月第 287 卷)。多层光学膜和相关制品可包括附加层和涂层,这些层是根据其光学、机械和 / 或化学特性进行选择的。例如,UV 吸收层可添加在膜的入射侧,以保护元件不发生 UV 光引起的劣化。利用 UV 固化丙烯酸酯粘合剂或其他合适材料可以将多层光学膜附接到机械加固层。这些加固层可包含诸如 PET 或聚碳酸酯之类的聚合物,并且也可包括(例如)利用小珠或棱镜提供诸如光漫射或准直之类光学功能的结构化表面。附加的层和涂层也可包括抗刮涂层、抗撕层和硬化剂。参见例如美国专利 6,368,699(Gilbert 等人)。用于制备多层光学膜的方法和装置在美国专利 6,783,349(Neavin 等人)中有所讨论。

[0010] 图 1 示出了多层光学膜 10 的一对层。膜 10 包括大量交替的微层 12、14,为简明起见,仅示出其中两个。这些微层具有不同的折射率特征,以使得一些光在相邻微层间的界面处被反射。微层很薄,足以使多个界面处反射的光产生相长干涉或相消干涉,以使膜具有所期望的反射或透射特性。对于设计用来反射紫外、可见或近红外波长处的光的光学膜来说,各微层一般具有小于约 $1 \mu m$ 的光学厚度(即物理厚度乘以折射率)。通常其中也可以包括更厚的层,例如膜外表面的表层或设置在膜内部、将多个微层的层组隔开的保护性边界层。

[0011] 多层光学膜 10 的反射和透射性质取决于各个微层的折射率与微层的厚度和厚度分布。每个微层(至少在膜的局部位置处)可以通过面内折射率 n_x 、 n_y 和与膜的厚度轴相关的折射率 n_z 加以表征。这些折射率分别表示该被测材料对于沿相互垂直的 x 轴、y 轴和 z 轴偏振的光的折射率。在图 1 中,层 12 的这些折射率标为 n_{1x} 、 n_{1y} 、 n_{1z} ,层 14 的折射率标为 n_{2x} 、 n_{2y} 、 n_{2z} ,其各自的层与层差值为 Δn_x 、 Δn_y 、 Δn_z 。为便于在本专利申请中说明,除非另外指明,否则假设 x、y 和 z 轴为适用于多层光学膜上所关注的任何点的局部笛卡尔坐标,其中微层平行于 x-y 平面延伸,并且其中 x 轴在膜平面内取向,以使 Δn_x 的量值最大化。因此, Δn_y 的量值可以等于或小于(但不大于) Δn_x 的量值。此外,在计算差值 Δn_x 、 Δn_y 、 Δn_z 时,对开始料层的选择由 Δn_x 为非负值这样的要求来确定。换句话讲,形成界面的两层之间的折射率差值为 $\Delta n_j = n_{1j} - n_{2j}$,其中 $j = x$ 、 y 或 z 并且其中选择层标号 1, 2, 以使得 $n_{1x} \geq n_{2x}$,即 $\Delta n_x \geq 0$ 。

[0012] 在实施过程中,通过审慎选择材料和加工条件来控制折射率。膜 10 的制作方法是:将大量(如数十或数百)层交替层叠的两种聚合物 A 和 B 共挤出,通常接着将该多层挤出物通过一个或多个倍增用模具,然后对挤出物进行拉伸或者说是对挤出物进行

取向，以形成最终的膜。所得膜通常由数百个单独的微层组成，调整微层的厚度和折射率，从而在所期望的光谱区域（如可见光区或近红外光区）形成一个或多个反射谱带。为了以适当的层数实现高的反射率，相邻的微层通常表现出对沿 x 轴偏振的光而言至少 0.05 的折射率差值 (Δn_x)。如果两个正交偏振状态的光需要高反射率，则相邻的微层也可以被制备为表现出对沿 y 轴偏振的光而言至少 0.05 的折射率差值 (Δn_y)。

[0013] 除了别的内容以外，上文引用的专利 ‘774(Jonza 等人) 描述了对沿 z 轴偏振的光而言如何通过调整相邻微层之间的折射率差值 (Δn_z) 来实现对斜入射光的 p 偏振分量的期望反射特性。为了保持对以倾斜角度入射的 p 偏振光的高反射率，各微层之间的 z 轴折射率失配 Δn_z 可以控制为显著小于面内折射率最大差值 Δn_x ，使得 $\Delta n_z \leq 0.5 * \Delta n_x$ 或 $\Delta n_z \leq 0.25 * \Delta n_x$ 。量级为零或几乎为零的 z 轴折射率失配产生了微层之间的这样的界面：取决于入射角，该界面对 p 偏振光的反射率为常数或几乎为常数。此外，z 轴折射率失配 Δn_z 可以控制为相比面内折射率差值 Δn_x 具有相反的极性，即 $\Delta n_z < 0$ 。该条件产生了这样的界面：该界面对 p 偏振光的反射率随着入射角度增加而增加，就像 s 偏振光一样。

[0014] 专利 ‘774(Jonza 等人) 也讨论了与被构造为偏振器的多层光学膜（称为多层次反射型偏振器）相关的某些设计问题。在许多应用中，理想的反射型偏振器沿一个轴（“消光”或“阻光”轴，与 x 方向相对应）具有高反射率，沿另一个轴（“透射”或“透光”轴，与 y 方向相对应）具有零反射率。如果沿透射轴存在一定的反射率，偏振器在非垂直角度的效率可能会降低；如果对于多个波长来说反射率不同，则透射光会产生颜色。此外，在一些多层次系统中，可能无法准确匹配两个 y 轴折射率和两个 z 轴折射率，并且当 z 轴折射率失配时，对面内折射率 n_{1y} 和 n_{2y} 而言，可能期望产生轻微的失配。具体地讲，通过安排 y 轴折射率失配，使其具有与 z 轴折射率失配相同的符号，可以在微层界面处产生 Brewster 效应，以最小化沿多层次反射偏振器的透射轴的偏轴反射率，进而最小化偏轴颜色。

[0015] 在 ‘774(Jonza 等人) 中讨论的另一个设计考虑涉及多层次反射偏振器的空气界面处的表面反射。除非偏振器两侧均层合到现有玻璃元件或具有透明光学粘合剂的另一个现有膜，否则这种表面反射会减少光学系统中所需偏振态的光的透射。因此，在一些情况下，可能有用的是在反射偏振器上增加防反射 (AR) 涂层。

[0016] 诸如液晶显示器之类的视觉显示系统中常使用反射型偏振器。目前可见于诸如手机、计算机和一些平板电视之类的多种电子装置中的这些系统使用由伸展区域背光源从背后提供照明的液晶 (LC) 面板。将反射型偏振器设置在背光源上方或者说是复合在背光源内，以将背光源发出的可被 LC 面板使用的一种偏振态的光透射至 LC 面板。不可被 LC 面板使用的垂直偏振态的光被反射回背光源，并在背光源内最终反射回 LC 面板，并且至少部分地转化为可用的偏振态，从而“循环”通常会损失的光，并提高显示器的所得亮度和总效率。

[0017] 图 2 的示意性侧视图示出了代表性的视觉显示系统 20。系统 20 包括 LC 面板 22 和设置为向 LC 面板 22 提供光的照明组件或背光源 24。LC 面板 22 包括设置在玻璃面板之间的液晶层。LC 面板 22 布置于上吸收型偏振器 26 和下吸收型偏振器 28 之间。吸收型偏振器 26、28 和 LC 面板 22 的组合控制从背光源 24 发出的光透过显示系统 20 到达观察者。使用电子显示控制器有选择地激活液晶层的不同像素会导致光在所选像素处穿出

显示系统 20，从而形成观察者可见的图像。

[0018] 背光源 24 包括光源，光源设置为侧光式构型（光源 30a）或直接照明式构型（光源 30b），并且将来自光源的光分布在与 LC 面板 22 的可视区域匹配的整个输出区域上。光源可以为（例如）冷阴极荧光灯（CCFL）或发光二极管（LED），并且其可以单独或组合地产生白光。背光源 24 也包括总体地表示为 32 的膜叠堆，该叠堆可以包括各种光学元件，例如扩散板、棱镜增亮膜（BEM）和以上讨论的多层反射型偏振器。背光源包括封装件，其内底面 34a 和内侧面 34b 可以为反射性的，以促进光循环并提高系统效率。在一些情况下，背光源也可以采用固体光导由侧装光源（光源 30a）向整个输出区域均匀地传输光。

[0019] 在任何情况下，背光源提供可被 LC 面板 22 用来产生观察者可见的图像的扩展光源，观察者可以从同轴（垂直或几乎垂直）观察方向（观察者 36a，其位置沿着垂直于多层反射型偏振器和系统 20 的其他扩展光学元件的 z 轴布置）或偏轴或倾斜观察方向（观察者 36b）观察。

[0020] 反射型偏振器在诸如系统 20 之类的显示系统的环境下一个性能度量称为“增益”。反射型偏振器或其他光学膜的增益可以用来衡量与没有光学膜的显示器相比具有光学膜的显示器呈现给观察者的亮度要亮多少。更具体地讲，光学膜的增益是具有光学膜的显示系统（或其一部分，如背光源）的亮度与不具有光学膜的显示系统的亮度的比率。由于亮度通常取决于观察取向（参见例如图 2 的观察者 36a、36b），因此增益也取决于观察取向。如果认为增益与取向无关，则通常假设为同轴性能。高增益通常与下列反射型偏振器相关：对于垂直入射光和斜入射光而言，该偏振器的阻光轴具有非常高的反射率，而透光轴具有非常高的透射率（非常低的反射率）。这是因为非常高的阻光轴反射率使具有不可用偏振态的光线将反射回背光源从而可以转化为可用偏振态的机会最大化；非常低的透光轴反射率使具有可用偏振态的光线将以最小损耗从背光源射向 LC 面板的机会最大化。

[0021] 反射型偏振器在全 RGB 彩色显示系统的环境下的另一个性能度量是由于反射或透射过程中光谱的不均匀性而使元件在同轴和偏轴方向引入系统的色彩量。理想的是，偏振器在从约 400 至 700nm 的整个可见光谱范围内均匀地反射和透射，使其在同轴或偏轴方向引入显示器的光没有显著可见的色彩。在下列条件下最容易实现上述目的：如果阻光轴反射率尽可能高，并且透光轴反射率尽可能小，或者更精确地，如果因微层的干涉作用而使透光轴反射率的一部分尽可能小。（由于暴露于空气中的聚合物反射型偏振器的前主表面和后主表面处的菲涅耳表面反射，所导致的透光轴反射的剩余部分实际上对色彩没有影响，因为这种“空气-聚合物表面”的反射基本上在光谱上均匀。）具有既不非常小也不非常大的反射率的微层叠堆更难在可见光谱范围内控制色彩。这是因为在中间反射率下，即使叠堆的层厚度分布相对于理想或目标厚度分布的变化非常小，也会容易产生人眼在透射或反射光中会很容易察觉的相对于目标平面反射光谱的光谱偏差。

[0022] 考虑到上述情况，下文将更详细描述的两种市售多层反射型偏振器产品能够利用膜设计实现良好的增益和较低的色彩特性，这些膜设计在某些方面不同，但都通过将 Δn_y 保持得非常小而具有很小的同轴透光轴反射率。

发明内容

[0023] 然而我们发现，这些市售反射型偏振器都对 p 偏振光具有偏轴增益峰值。这些偏轴增益峰值相对较小，但在一些应用中可以显著降低同轴增益或亮度。我们发现，增益峰值与下列因素有关：与微层相关的非常小的透光轴反射率分量、与偏振器外表面相关的菲涅耳表面反射率、以及菲涅耳反射率与入射角的相关性。

[0024] 因此除了别的以外，本文描述了多层反射型偏振器，该偏振器利用设计特征的新组合提供示例性增益和色彩性能，同时基本上避免了偏轴增益峰值。我们描述了（例如）用于反射型偏振器的聚合物材料的新选择标准，该反射型偏振器增加了面内折射率差值 Δn_x 、 Δn_y （同时提供合适的面外折射率差值 Δn_z ），使得与微层相关但仍远小于阻光轴反射率的透光轴反射率分量足够大，以克服外表面的菲涅耳表面反射率的角度相关性，从而避免偏轴增益峰值。意外的是，选择标准也与层数较少的膜相容。

[0025] 在示例性实施例中，反射型偏振器具有阻光轴 (x) 和透光轴 (y)，以及暴露于空气中、因而显示具有最小的布鲁斯特角反射率的相对的第一和第二主表面，并且所述主表面设置为与 z 轴垂直。N 个微层的叠堆设置在主表面之间并且布置为成对的相邻微层，这些微层具有分别沿 x、y 和 z 轴的折射率差值 Δn_x 、 Δn_y 和 Δn_z ，其中 $\Delta n_x > \Delta n_y > 0 > \Delta n_z$ 。

[0026] 在示例性实施例中，数量 N 和折射率差值 Δn_x 的组合足够大，使得偏振器对沿 x 轴偏振的垂直入射光具有较高的反射率 Rblocknormal，Rblocknormal 为至少 80%。数量 N 和折射率差值 Δn_y 的组合足够小，使得偏振器对沿 y 轴偏振的垂直入射光具有较低的反射率 Rpassnormal，Rpassnormal 为 25% 或更小。数量 N 和折射率差值 Δn_y 的组合足够大，使得反射型偏振器对于以第一主表面的布鲁斯特角入射到 y-z 平面的 p 偏振光具有大于 Rpassnormal 的反射率。优选地， Δn_y 是 Rpassnormal 产生增量部分 Rpassinc 的原因， Δn_x 的等于 Δn_y 的对应部分是 Rblocknormal 产生增量部分 Rblockinc 的原因，并且数量 N 足够小，以使得 Rblockinc 与 Rpassinc 相当。例如，Rblockinc 为 Rpassinc 的至少一半，或至少等于 Rpassinc。

[0027] 在示例性实施例中，微层被布置成每个都具有光学厚度的光学重复单元，光学重复单元被布置用于提供基本单调或平滑增加的光学厚度分布。N 个微层中的至少一些包含聚萘二甲酸乙二醇酯或其共聚物，N 为 350 或更小，或 300 或更小，或者在从 250 至 350 的范围内，或者在从 275 至 375 的范围内。作为另外一种选择，N 个微层中的至少一些包含聚对苯二甲酸乙二醇酯或其共聚物，N 为 800 或更小，或 650 或更小，或者在从 300 至 650 的范围内，或者在从 500 至 650 的范围内。反射型偏振器对于沿 x 轴偏振的垂直入射光具有高反射率 Rblocknormal，对于沿 y 轴偏振的垂直入射光具有低反射率 Rpassnormal，Rblocknormal 为至少 80%。Rpassnormal 优选地小于 30% 或 25%，但优选地比主表面的组合垂直入射反射率大至少 2%。反射型偏振器对于以第一主表面的布鲁斯特角入射到 y-z 平面的 p 偏振光优选地具有大于 Rpassnormal 的反射率。

[0028] 本文还讨论了相关方法、系统和制品。

[0029] 本专利申请的这些方面和其他方面通过下文的具体描述将显而易见。然而，在任何情况下，以上概述都不应理解为是对权利要求书中所要求保护主题的限制，该主题仅受所附权利要求书的限定，并且在审查期间可以进行修改。

附图说明

- [0030] 图 1 为多层光学膜的一对层的透视图；
- [0031] 图 2 为显示系统的示意性侧视图；
- [0032] 图 3 为光学膜与笛卡尔坐标系的关系的透视图；
- [0033] 图 4 为背光源与各种反射型偏振器的组合的观察极性角与测量亮度的关系图，从图中可以看出增益的角度相关性；
- [0034] 图 5 为多层光学膜交替层的不同折射率组合的示意图；
- [0035] 图 6 为建模的 p 偏振反射率取决于各种多层膜设计的入射角的关系图；
- [0036] 图 7 为建模的同轴反射率取决于各种多层膜设计的归一化面内折射率差值的关系图；
- [0037] 图 8 为图 7 结果的汇总图；
- [0038] 图 9a 为建模的同轴增益取决于各种多层膜设计的 y 轴折射率失配的关系图；和
- [0039] 图 9b 为建模的半球增益取决于各种多层膜设计的 y 轴折射率失配的关系图。
- [0040] 在这些附图中，相同的附图标号指示类似的元件。

具体实施方式

[0041] 为了更清楚地描述在市售反射型偏振器中观察到的偏轴增益行为，我们在图 3 中提供了光学膜 40 与全局 x-y-z 笛卡尔坐标系的关系的透视图。膜 40 可以为多层反射型偏振器，此时 x、y 和 z 轴可以与上文讨论的局部 x、y 和 z 轴相同。作为另外一种选择，膜 40 可以为另一个光学膜或表面，例如显示系统的前表面。如图所示，膜 40 平行于 x-y 平面平放。

[0042] 对于传统的偏振膜，可以认为光是在两个正交平面内偏振，其中光的电矢量（其横向于光的传播方向）位于特定偏振平面内。给定光线的偏振态又可以分解为两个正交的偏振态：p 偏振光和 s 偏振光。p 偏振光为入射平面内偏振的光，入射平面为包含局部表面法向矢量和光线传播方向或矢量的平面。图 3 示出了光线 42，该光线以相对于表面法线（z 轴）的倾角 θ 入射到或离开光学膜 40，从而形成“入射平面” 44。（由于缺乏替代术语，本文将用“入射平面”表示包含表面法向和光传播方向的平面，这既包括光线入射到膜上的情形，也包括光没有入射到膜上而是从膜中离开的情形。同样，“入射角”可用来表示表面法向和光传播方向之间的角度，这既包括光线入射到膜上的情形，也包括光从膜中离开的情形。）如果膜 40 为偏振器，则其包括平行于 y 轴的透光轴 46 和平行于 x 轴的阻光轴 48。光线 42 的入射平面 44 平行于阻光轴 48。光线 42 具有位于入射平面 44 内的 p 偏振分量和与入射平面 44 正交的 s 偏振分量。光线 42 的 p 偏振分量垂直于透光轴 46，并与阻光轴 48 局部对齐，而光线 42 的 s 偏振分量则平行于透光轴 46。图 3 还示出了另一个光线 50，该光线以相同倾角 θ 入射到或离开光学膜 40，但其入射平面 52 平行于透光轴 46。在这种情况下，光线 50 的 p 偏振分量垂直于阻光轴 48，并与透光轴 46 局部对齐，而光线 50 的 s 偏振分量则平行于阻光轴 48。

[0043] 由此可知，根据入射的方向，p 偏振光可以在一些情况下垂直于透光轴，另一些情况下垂直于阻光轴 s 偏振光可以在一些情况下平行于透光轴，另一些情况下平行于阻光

轴。（任意入射平面都可以分解为入射平面分量 44 和 52。）因此，对于各向异性系统的 s 偏振光和 p 偏振光的行为的完整讨论不但应包括光的入射角（或者（例如）出射角或观察角），而且应包括光的入射平面（或者（例如）出射平面或观察平面）。

[0044] 测量了两种已知的多层反射型偏振器产品对 p 偏振光的增益，并观察了其他特性。

[0045] 本文称为 RP1 的第一产品采用聚萘二甲酸乙二醇酯（“PEN”）作为其中一种聚合物，采用基于萘二羧酸的共聚物或共混物（“coPEN”），特别是包含己二醇以避免结晶的 55/45 共聚物共混物，作为另一种聚合物。这些聚合物被共挤出为具有共 275 层的交替的层结构，挤出物被穿过 1x3 层倍增器，在这里被分割和堆叠彼此层叠于顶部的三个挤出物组件，所得物被进一步加工和拉伸成最终的反射偏振膜，该偏振膜具有分隔成三个截然不同的微层层组（每个有 275 层）的共 825 个微层，微层层组之间具有光学上厚的保护性边界层（PBL），外主表面处具有光学上厚的表层。在最终的膜中，由 PEN 构成的微层具有双折射性，而由 coPEN 构成的微层则基本上为各向同性的。

[0046] 本文称为 RP2 的第二产品采用基于萘二羧酸的 90/10 共聚物共混物（“coPEN”）作为其中一种聚合物，共聚酯（SA115，得自 Eastman Chemical Co.）作为另一种聚合物。这些聚合物被共挤出为具有共 275 层的交替层结构，挤出物被抛物线拉幅机进一步加工和拉伸成最终的反射偏振膜，该偏振膜具有布置成单个微层层组的共 275 个微层，并且外主表面处具有光学上厚的表层。在最终的膜中，由 coPEN 构成的微层具有双折射性，而由共聚酯构成的微层则基本上为各向同性的。

[0047] 这些产品的光学性质大致如下：

[0048]

	RP1	RP2
n _{1x}	1.80	1.82
n _{1y}	1.621	1.57
n _{1z}	1.56	1.555
n _{2x} , n _{2y} , n _{2z}	1.612	1.57
Δn _x	0.188	0.256
Δn _y	0.009	（大于 0 但小于 0.01）
Δn _z	-0.052	-0.015
N	825	275
R _{passnormal}	12%	10%
R _{passnormalFresnel}	11%	10%
R _{blocknormal}	94%	98%

[0049] 在该表中，n_{1x}、n_{1y}、n_{1z}、n_{2x}、n_{2y}、n_{2z}、Δn_x、Δn_y 和 Δn_z 如上所述。“N”值为偏振器中的微层总数。R_{passnormal} 为膜在可见光波长范围内（如从 400 至 700nm）对垂直入射到偏振器并沿透光轴（y）偏振的光的平均反射率，其中包括空气 / 聚合物的前后界面的反射率和微层的反射率。R_{passnormalFresnel} 为归因于暴露在空气中的前后主表面的菲涅耳反射率的 R_{passnormal} 部分。R_{blocknormal} 为在可见光波长范围内（如从 400 至 700nm）对垂直入射到偏振器并沿阻光轴（x）偏振的光的平均反射率。

[0050] 值得注意的是，通过高双折射率 n_{1x} 和低各向同性折射率 n_{2x} 的组合，RP2 获得高于 RP1 的阻光轴折射率差值（Δn_x）。由于垂直入射反射能力随各个面内折射率差值而

成平方地增加，较高的 Δn_x 允许在其他因素不变的情况下以较少的层数获得相同的阻光轴反射率。还应注意，RP1 和 RP2 都具有非常低的透光轴折射率差值 (Δn_y) 和较低的垂直入射透光轴反射率。然而，由微层产生的垂直入射透光轴反射率分量更低，该分量等于 $R_{\text{passnormal}} - R_{\text{passnormalFresnel}}$ ，或者对于 RP1 为约 1%，对于 RP2 为 0%。

[0051] 我们研究了这些反射型偏振器产品的增益特性。具体来讲，我们研究了取决于 $y-z$ 平面（即包含透光轴和表面法线的平面，参见图 3 的平面 52）内的 p 偏振光的角度的增益。将膜置于漫透射中空光箱（背光源）顶部。光箱的漫透射和漫反射可描绘为朗伯模式。中空光箱具有约 83% 的漫反射率。光箱利用稳定宽带光源从内部照明。将标准线性吸收型偏振器（即分析仪）设置在样品箱和照相检测器之间。照相检测器系统为 Autronic-Melchers GmbH (Karlsruhe, Germany) 制造的锥光镜。最初，让背光源输出稳定之后，在水平面的一系列观察角内测量背光源本身的亮度。水平面为包含表面法线和输出偏振器的 p 偏振光透光轴的平面，如图 3 的平面 52。测量结果绘制成图 4 的亮度曲线 60，其中曲线图的横轴为与表面法线成的偏振角（图 3 中的 θ ），单位为度，纵轴为亮度测量值，单位为尼特 (nt)。由图可知，亮度关于表面法线相对对称，并且在 θ 达到约 ± 50 度之前随角度相对不变，超出该角度时，观察到亮度降低。

[0052] 然后在背光源和分析仪之间设置平片 RP1，使 RP1 的透光轴与分析仪的透光轴对齐，并重复测量。测量结果绘制成亮度曲线 62。显然，RP1 偏振器在宽泛的观察角范围内增加了系统的亮度，从而提供了大量的增益。需要注意的第二个特征是，在角度增加至约 ± 50 度之前亮度随角度增加而逐渐增加，然后对于更大的倾斜角，亮度降低。请回忆，增益是指具有膜的系统的亮度（曲线 62）与不具有膜的系统的亮度（曲线 60）的比率，读者将会很容易理解，该特征对应于约 ± 50 度的偏振角处的增益峰值。

[0053] 然后移除平片 RP1，用取向方式和 RP1 相同的平片 RP2 来代替，然后重复测量。测量结果绘制成亮度曲线 64。还应当注意，总亮度相对于背光源单独地增加。还应当注意，在角度增加至约 ± 50 至 60 度之前亮度随角度增加而逐渐增加，然后对于更大的倾斜角，亮度降低。类似于 RP1，通过比较曲线 64 和曲线 60 也可以看到，偏振器 RP2 在约 ± 50 至 60 度的偏振角处具有增益峰值。

[0054] RP1 和 RP2 偏振器的偏轴增益峰值是由于偏振器前后主表面处的外部空气 / 聚合物界面处的布鲁斯特角效应所产生的。在外表面没有防反射涂层的情况下，两个空气 / 聚合物界面中每一个都有助于约为下式的垂直入射 ($\theta = 0$) 反射率：

$$[0055] R_0 = \left(\frac{n_p - 1}{n_p + 1} \right)^2 \times 100\%,$$

[0056] 其中 n_p 为最外层聚合物层（通常为微层所用材料中的一种）的折射率，空气的折射率为 1。对于非垂直入射， p 偏振光的反射率在小角度 θ 处接近但小于 R_0 ，并随着角度 θ 的增加逐渐降低，直到在布鲁斯特角 θ_B 处 p 偏振反射率为零。当入射角 θ 继续增加至大于 θ_B 时， p 偏振反射率随角度 θ 的增加而迅速增加。

[0057] 由此可见，RP1 和 RP2 的偏轴增益峰值是由下列情况所导致的：由于外部空气 / 聚合物界面的布鲁斯特角效应，当入射角从 $\theta = 0$ 增加至 θ_B 时，这些偏振器的透光轴对于 p 偏振光的透射性更强，反射性更弱。出现这种情况是由于两个外部空气 / 聚合物界面是对于这些入射角产生透光轴反射率的主要原因。对于这些角度产生透光轴反射率

的其他原因为多层膜内的多个微层，由于 Δn_y 非常小，其对反射率的贡献是次要的。当然， Δn_y 较小有个很好的理由，即最小化透光轴反射率，从而最大化透光轴的通过量。

[0058] 不论是什么原因引起偏轴增益峰值，在需要最大同轴增益的应用中，偏轴增益峰值都是不可取的，因为它会使亮度和增益偏离正常值。

[0059] 我们发现，通过合理的材料选择、加工和膜设计，在简单的单层组膜构造中，在保持较少色彩的同时明显消除偏轴增益峰值并增加同轴增益。在示例性实施例中，我们通过下列步骤实现这个目的：(1) 通过（例如）选择低折射率各向同性材料，在保持负 Δn_z 的同时，增加透光轴折射率差值 Δn_y 和阻光轴折射率差值 Δn_x ；和(2) 优选地将单层组构造内的膜的微层限制到相对较少的数量。这些设计特征将在下文中详细讨论。图 4 的曲线 66 为实现这些特征的反射型偏振膜的亮度测量值，下文将更详细讨论。

[0060] 我们选择将归因于微层的透光轴反射率增加至足够大，以使得微层随入射角增加的反射率增加（对于 p 偏振光）能够补偿空气 / 聚合物界面随入射角增加的反射率减少（对于 p 偏振光），从而使偏振器的总反射率（对于 p 偏振光）随入射角增加而单调递增，或者使微层的反射率（对于 p 偏振光）对于以其中一个或两个空气 / 聚合物界面的布鲁斯特角 θ_B 入射的光为至少 Rpassnormal，或者使微层的反射率（对于 p 偏振光）的增加速度比主表面的组合菲涅耳反射率减少速度更快。在一些情况下，这些条件可以被经验法则代替，该法则规定 Rpassnormal 比主表面的组合垂直入射反射率大至少 2%，或者归因于微层的 Rpassnormal 部分为至少 2%。为了让微层的 p 偏振透光轴反射率随入射角增加而增加，面外折射率差值 Δn_z 应为负数，并且面内折射率差值 Δn_y 应为正数，但小于阻光轴折射率差值 Δn_x 。这些关系可以概括为

$$[0061] \quad \Delta n_x > \Delta n_y > 0 > \Delta n_z$$

[0062] 虽然我们增加了透光轴反射率，但我们优选地不随便增加该反射率。我们希望让该值保持足够低，以合理保持高透光轴通过量。在一些情况下，我们可以只将该值增加到必要的程度，以便如上所述使微层的 p 偏振反射率增加补偿空气 / 聚合物表面的 p 偏振反射率减少。在一些情况下，我们可以建立经验法则，即 Rpassnormal 不超过 30%、或 25%、或 20%、或 15%。因此，可以在将反射率增加至足以补偿外表面的布鲁斯特角效应与将反射率保持得低到足以合理保持高透光轴通过量和较高同轴增益之间建立平衡。

[0063] 图 5 示出了用于增加面内折射率差值 Δn_x 和 Δn_y 的一种方法。图中示出了用于表示折射率 n_x 、 n_y 和 n_z 的轴。为了清楚起见，这些轴被纵向分开，但又具有相同的刻度，同时为了大致参考，还提供了从 1.0（空气）开始的折射率刻度。点 70、72 和 74 分别表示由第一聚合物材料构成的微层的折射率，即 n_{1x} 、 n_{1y} 和 n_{1z} 。第一聚合物材料明显是双折射性的。标有 n_2 的竖直虚线表示由第二聚合物材料构成的微层的折射率。该线与 n_x 、 n_y 和 n_z 轴相交产生分别表示 n_{2x} 、 n_{2y} 和 n_{2z} 的交点（未标出），这三者彼此相等。第二聚合物材料为各向同性的。点 70、72 和 74 与线 n_2 的组合表示具有交替的双折射微层和各向同性微层的多层反射膜。通过选择第一、第二聚合物材料并加工膜，使得各向同性材料的折射率与双折射材料的 y 轴折射率匹配，从而使

$$[0064] \quad \Delta n_x > \Delta n_y = 0 > \Delta n_z$$

[0065] 该组合表示反射型偏振器，当沿透光轴偏振的光垂直入射时，这种反射型偏振器的反射率与微层无关。由于微层提供的透光轴反射率可能不会抵消暴露于空气中的偏

振器的前后主表面的布鲁斯特角效应，因此这种膜可能会具有偏轴增益峰值。

[0066] 通过用另一种各向同性材料代替原来的各向同性材料，可以增加透光轴反射率。为此，我们确信新的各向同性材料具有比原来的材料更小的折射率，优选地新的各向同性材料的折射率 n_2' 大于 n_{1z} （点 74），以保持 Δn_z 为负数，从而使新的折射率差值 $\Delta n_x' = n_{1x} - n_2'$ 、 $\Delta n_y' = n_{1y} - n_2'$ 和 $\Delta n_z' = n_{1z} - n_2'$ 符合下列关系

$$[0067] \quad \Delta n_x' > \Delta n_y' > 0 > \Delta n_z' ,$$

[0068] 其中参数的上标表示新的各向同性材料。新的各向同性材料优选地自然具有特定的材料性质，这些性质使其能够与取向后将变得具有双折射性的聚合物材料共挤出。

[0069] 应当注意，用于增加 y 方向的折射率差值的这种技术还会以相同数量增加其他方向的折射率差值。因此，不但初始 y 轴折射率差值 Δn_y （该值等于零，因而在图 5 中未示出）增加 $\Delta n_y'$ 后产生此时等于 $\Delta n_y'$ 的新 y 轴折射率差值；而且初始的 x 轴折射率差值 Δn_x 也增加了相同的量 $\Delta n_y'$ 并产生 $\Delta n_x'$ ，并且初始 z 轴折射率差值 Δn_z 增加了相同的量 $\Delta n_y'$ ，从而产生更小的负值 $\Delta n_z'$ 。这样，在新的构造中，最终的 y 轴折射率差值 $\Delta n_y'$ 会与沿全部三个坐标轴的相等折射率调整相关。以与 y 轴折射率差值相同数量增加 x 轴折射率差值的另一个有益效果是提高对于阻光轴的微层的反射能力，对于给定的阻光轴目标反射率，利用这一点可以减少微层叠堆内所需的层数。因此，我们通过增加透光轴反射率来消除偏轴增益峰值的方法也可以有助于获得总层数更少、设计更简单的膜。

[0070] 虽然图 5 描述了选用替代各向同性材料的双折射 / 各向同性材料的组合，但这并不旨在进行限制。例如，通过保持各向同性材料不变而替换成不同的双折射材料，或者通过保持双折射材料不变而改变加工条件（拉伸量、拉伸分布、温度、保压时间等），可以增加面内折射率。此外，也可以采用使用两种不同的双折射材料作为第一和第二聚合物材料的构造。

[0071] 现在参见图 6，由图可见建模的反射曲线，该曲线展示了通过增加微层沿 y 轴的反射率来增加透光轴反射率的技术。每个曲线均为特定多层反射型偏振器构造对入射到 y-z 平面（参见图 3 的平面 52）的 p 偏振光的计算出的反射率，该反射率取决于空气中入射角（参见图 3 的 θ ）。每个建模的偏振器构造均假设单个叠堆内布置着总共 N 个微层，这些微层在第一微层和最末微层的外表面处暴露于空气中。N 个微层布置成第一聚合物和第二聚合物交替的构造，相邻的一对第一和第二聚合物形成 f 比率 50% 的光学重复单元。光学重复单元具有线性光学厚度分布，其范围从第一对层的 200nm（与 400nm 处的垂直入射反射峰值相对应）至最末一对层的 462nm（与 925nm 处的垂直入射反射峰值相对应）。本文称为 RP6.1、RP6.2、RP6.3 和 RP6.4 的建模的反射型偏振器构造具有下列附加性质：

[0072]

	RP6.1	RP6.2	RP6.3	RP6.4
n _{1y}	1.61	1.61	1.61	1.61
n _{1z}	1.505	1.505	1.505	1.505
n ₂	1.61	1.595	1.564	1.564
Δn _y	0	0.015	0.046	0.046
Δn _z	.105	.09	.059	.059
N	275	275	275	175

[0073] x 方向的折射率对于建模无影响，因而未列出。 所用双折射率 n_{1y} 和 n_{1z} 为 90/10coPEN 在约 145°C、约 5 : 1 的拉伸比率、约 5m/min 的应变速率的情况下代表性的双折射率。 所用各向同性折射率 n₂ 为 coPEN 55/45 (RP6.1)、46% 90/10 coPEN 与 54% PETG 的共混物 (RP6.2) 和 PETG (RP6.3 和 6.4) 的代表性各向同性折射率。

[0074] 将光学建模软件应用到偏振器构造 RP6.1–RP6.4 产生图 6 所示的各个 p 偏振反射率曲线 80、82、84 和 86。 经查看曲线发现，曲线 80 在入射角介于 40 和 50 度之间时出现明显的布鲁斯特角最小值，这会产生偏轴增益峰值。 曲线 82 和 86 呈现出非常小、但几乎不存在的布鲁斯特角最小值。 曲线 84 没有呈现出布鲁斯特角最小值。 至少在该构造中，微层随入射角而不断增加的反射率抵消了两个空气 / 聚合物表面反射不断减小的反射率，从而产生随入射角增加而单调增加的偏振器净反射率。 因此这种膜不会具有偏轴增益峰值。 通过比较曲线 84 和 86 证明了改变微层的层数 N 所产生的影响。

[0075] 通过制备基本上具有 RP6.3 构造的上述特性的膜，验证了曲线 84 的建模结果。 使用 275 层送料区块和制膜设备将 90/10coPEN (最终膜中的双折射材料) 和 PETG (最终膜中的各向同性材料) 共挤出，所用设备与美国专利 6,783,349 (Neavin 等人) 中所描述的类似，不同的是没有使用层倍增器。 使用设置在送料区块内的轴杆加热器来控制 275 层的层厚度分布，使其与目标单调光学厚度分布基本匹配，共挤出过程中沿长度动态调节加热器的温度分布，以使目标层厚度分布几乎没有误差。 本文称为 RP6.3A 的最终偏振膜包括位于微层层组的正面和背面的由 PETG 构成的光学上厚的表层，表层形成暴露于空气中的膜的最外层。

[0076] 通过参照结合图 4 采用与膜 RP1 和 RP2 相同的方式，将一片 RP6.3A 膜置于背光源顶部，并以相同方式测量所得亮度。 测得的亮度在图 4 的曲线 66 中示出。 与曲线 62 和 64 不同，曲线 66 没有偏轴增益峰值，并且在基本垂直的入射角处没有最大增益。 此外，虽然增加了垂直入射透光轴反射率，但 RP6.3A 的垂直入射增益比市售产品 RP1 和 RP2 的增益大。 还检查了 RP6.3A 膜的同轴和偏轴色彩，并且发现由于制备过程中小心控制了层厚度，因此色彩在合格的范围内。

[0077] 如上所述，偏振膜 RP6.3A 是在不使用层倍增器的情况下制备的。 尽管层倍增器可以简化生成大量光学层的过程，但倍增器可能会使各个所得的层组产生对于各层组而言不相同的较小畸变。 因此，对于各层组而言，任何对送料区块中所产生层的层厚度分布的调整均不相同，即不能同时对倍增器制备的所有层组进行优化以产生无光谱畸变的均匀平滑的光谱。 因此，会难以通过由倍增器制造的多层组膜来制作最佳分布且低透射性彩色偏振器。 如果在送料区块中直接生成的单一层组中的层数目不能提供足够的反射率，则可以将未使用任何层倍增器制备的两个或更多个此类膜附接到一起来增加反射率。 但应当注意，利用光学上厚的粘合剂或其他材料将两个多层层组附接到一起获得的

反射率（层组中的微层总数为 N）没有 N 个微层的单一层组所获得的反射率理想，如以下图 7 中所证实的。前一设计中两层组的物理分隔导致各个层组反射率的非相干求和，即使在每个层组单独地相干的情况下。相比两层组设计，单一层组设计可以在给定透光轴反射率的情况下提供较高的阻光轴反射率，或者可以在给定阻光轴反射率的情况下提供较低的透光轴反射率。包括轴杆加热器控制在内的膜制备技术的相关讨论可见于提交于 2007 年 5 月 20 日的美国专利申请 No60/939,079（代理人案卷号 63274US002）中，该专利申请以引用方式并入本文中。

[0078] 通过增加 Δn_y 来增加透光轴反射率与最大化透光轴通过量的偏振器一般设计原则相背离。并且也在同轴和偏轴色彩方面存在问题。如之前所述，在中间反射率下，即使叠堆的层厚度分布相对于理想或目标厚度分布的变化非常小，也很容易产生人眼在透射或反射光中很容易被察觉为颜色的相对于目标平面反射光谱的光谱偏差。鉴于上述原因，层厚度控制的重要性增加导致优选的膜设计，该设计与避免使用层倍增器的制造方法相容。在没有层倍增器的情况下，成品中的微层数量基本等于从送料区块中共挤出的层数。考虑到对送料区块设计的实际限制，这又迫使我们去寻找可以使用相对较少的微层总数（N）的膜构造。这样还具有膜物理厚度较薄的有益效果，这在某些应用中会是有益的。

[0079] 因此，我们现在将注意力转向反射型偏振器设计中使用的微层总数（N）和这些微层在膜内的分布（例如，单一相干层组相比由光学上厚的保护性边界层隔开的多层组）。从图 6 中通过比较曲线 84 和 86 已经看到，N 和 y 轴折射率差值可以是决定是否可观察到偏轴增益峰值的重要因素。

[0080] 图 7 绘出了多种建模的多层膜设计在垂直入射时的计算出的反射率，该反射率取决于交替微层之间的折射率差值。模型与二维膜特性无关，因此模型中使用的折射率 n_1 和 n_2 可以表示交替层的任何面内折射率，而不论是在 x 轴折射率还是 y 轴折射率。z 轴折射率不重要，因为它不影响垂直入射行为。同轴反射率绘在纵轴上，归一化折射率差值 $(n_1-n_2)/(n_1+n_2)$ 绘在横轴上。

[0081] 对若干叠堆设计进行建模。所有设计均限制为在从 400nm 至 925nm 的波段内反射。第一叠堆设计（“SD1”）共使用 550 层（N = 550），这些层布置成用光学上厚的折射率匹配介质隔开的两个相同的 275 微层的层组。第二叠堆设计（“SD2”）共使用布置成单一相干多层叠堆的 375 层（N = 375）。第三叠堆设计（“SD3”）共使用布置成单一相干多层叠堆的 275 层（N = 275）。第四叠堆设计（“SD4”）共使用布置成单一相干多层叠堆的 175 层（N = 175）。第五叠堆设计（“SD5”）使用各 138 个微层的两个层组（N = 276），二者用折射率匹配的光学上厚的介质隔开。（可以将 SD5 设计的结果与 SD3 设计的结果进行比较，以确认将数量基本相同的微层布置成单一相干层组与布置成独立相干但相互不相干的两个层组相比较的效果。）每种设计都包括暴露于空气中的整个构造的前后表面，这两个表面产生菲涅耳反射率。每种设计还假设单调的层厚度梯度受到控制，以产生从 400nm 至 925nm 的垂直入射反射谱带。分散性和吸收性被忽略，计算出的反射率表示从 400nm 至 700nm 的平均值，并且其还表示从 400nm 至 925nm 的平均值。

[0082] 然后让这些叠堆设计的折射率变化。开始， n_1 和 n_2 均设为等于 1.610。然后

将值 n_1 增加至高达 1.82 及以上，并计算每种层设计 / 折射率组合的反射率。曲线 90、92、94、96 和 98 分别为膜设计 SD1、SD2、SD3、SD4 和 SD5 的计算出的反射率。较小的折射率差值产生较小的归一化折射率差值，这反映了透光轴行为，并在图中标为“透光”区。较大的折射率差值产生较大的归一化折射率差值，这反映了阻光轴行为，并在图中标为“阻光”区。图中也以单独的点表示了多个具体的材料组合。下表示出了具有折射率 n_2 的各种低折射率各向同性材料在与高折射率双折射 90/10coPEN 材料（具有 $n_{1x} = 1.82$ 、 $n_{1y} = 1.61$ 、 $n_{1z} = 1.505$ ）组合时的折射率差值和归一化折射率值（透光轴和阻光轴）：

[0083]

	n_2	Δn_x	Δn_y	Δn_z	归一化折射率差值 (透光轴)	归一化折射率差值 (阻光轴)
55:45 coPEN	1.610	0.21	0	- 0.105	0	0.061
75:25 coP:PETG	1.595	0.225	0.015	-0.09	0.005	0.066
50:50 coP:PETG	1.585	0.235	0.025	-0.08	0.008	0.069
PETG	1.564	0.256	0.046	- 0.059	0.014	0.076
coPET-f	1.540	0.28	0.07	- 0.035	0.022	0.083

[0084] 图 7 标出了这些各自的归一化折射率差值，以识别代表这些材料组合的各自曲线上的单独的点。例如，曲线 90–96 中每一个都在归一化折射率差值 $((n_1 - n_2) / (n_1 + n_2))$ 为 0.022 处具有单独的数据点，该点与沿材料组合 90/10coPEN 和 coPET-f 的透光轴的折射率差值相对应；曲线 90–98 中每一个都在归一化折射率差值 0.083 处也具有单独的数据点，该点与沿相同的材料组合 90/10coPEN-coPET-f 的阻光轴的折射率差值相对应。

[0085] 因此，图 7 示出了对于不同的微层叠堆设计的透光轴 y 和阻光轴 x 而言垂直入射反射率如何随面内折射率差值变化而增加。透光轴反射率增加的最大斜率出现在 SD1 上，该设计是具有由 275 层层合而成的单独相干层组的 2 层组体系，并反映了非相长干涉的布置方式。该 2 层组构造对于给定面内折射率差值还具有最小的阻光轴反射率增加值，类似于 SD2 的 375 层相干叠堆设计。透光轴反射率增加的最小斜率出现在 SD4 上，该叠堆设计还具有最大的阻光轴斜率增加，即对于给定面内折射率差值最大的改善。

[0086] 通过比较曲线 94、96、98 有助于发现，将可用微层分布成单个相干层组比将其分隔成多个层组更可取。曲线 98(两层组，总层数 $N = 276$) 的透光轴反射率与曲线 94(单一层组， $N = 275$) 的基本上相同，但曲线 98 的阻光轴反射率比曲线 94 更接近于曲线 96(单一层组， $N = 175$) 的阻光轴反射率。因此，假设微层总数相同，相比两层组设计，单一层组设计在给定透光轴反射率的情况下可以提供更大的阻光轴反射率，或者在给定阻光轴反射率的情况下可以提供更小的透光轴反射率。

[0087] 相对于沿透光轴具有完美折射率匹配的构造（采用 55/45coPEN 作为低折射率各向同性材料），选择 PETG 作为低折射率各向同性材料会使面内折射率差值（对于透光轴和阻光轴）增加 0.046。这些面内折射率差值的增加对于叠堆设计 SD3(275 层，单一叠

堆 - 曲线 94) 产生了 10% 的透光轴反射率增加值和 6.6% 的阻光轴反射率增加值, 但对于叠堆设计 SD4(175 层, 单一叠堆 - 曲线 96) 则其产生了 6.5% 的较小透光轴反射率增加值和 11.7% 的较大阻光轴反射率增加值。较小的透光轴反射率增加值有益于偏振膜保持较高的透光轴通过量, 较大的阻光轴反射率增加值有益于将可用偏振态的损耗 / 渗漏保持较低水平。

[0088] 图 8 以类似但更简化的方式总结了图 7 的结论, 该图以图形方式示出了参数 Rpassnormal、Rblocknormal、Rpassinc 和 Rblockinc。图中示出了垂直入射反射率和面内折射率差值 n_1-n_2 的关系, 其中折射率差值的较小值表示透光轴, 较大值表示阻光轴。图中示出两个曲线, 即下面的曲线 100 和上面的曲线 102, 曲线的特征旨在展示总体趋势。下面的曲线 100 可以表示具有比曲线 102 的可选叠堆设计相对较少的微层数 N 的微层叠堆设计, 两种叠堆设计都是在相同波段上反射的单一层组设计。作为另外一种选择, 下面的曲线 100 可以表示具有与曲线 102 微层数 N 相同的微层叠堆设计, 但曲线 100 的叠堆将微层构造为单一相干层组, 而曲线 102 的叠堆将微层划分为由光学厚度折射率匹配材料隔开的两个层组 (同样, 每种叠堆设计都具有使其在相同波段上反射的厚度梯度)。

[0089] 我们选择了产生透光轴折射率差值 $\Delta n_y'$ 和阻光轴折射率差值 $\Delta n_x'$ 的聚合物材料组合和加工条件。这些值有助于改变 (与反射型偏振器前后表面的菲涅耳反射率一起) 垂直入射角度的透光轴反射率 Rpassnormal 和垂直入射角度的阻光轴反射率 Rblocknormal。在图中, Rpassnormal 和 Rblocknormal 仅在下面的曲线 100 上标出以避免混乱, 但上面的曲线 102 上也示出了对应的数据点。可以将这些反射率与采用不同的低折射率各向同性材料的相同叠堆设计所获得的对应反射率进行比较, 这样会使透光轴折射率差值减少至零 (并使阻光轴折射率差值减少相同数量)。因此, $\Delta n_y'$ 和 $\Delta n_x'$ 都减少 $\Delta n_y'$, 从而产生如图所示取值为零的新 Δn_y 和更小的 Δn_x 。所得的新透光轴反射率比 Rpassnormal 减少 Rpassinc, 所得的新阻光轴反射率比 Rblocknormal 减少 Rblockinc。对于优选叠堆设计 (曲线 100), Rblockinc 与 Rpassinc 相当。例如, Rblockinc 可以为 Rpassinc 的至少一半, 或者 Rblockinc 可以至少等于 Rpassinc。

[0090] 图 7 和 8 有助于示出透光轴反射率和阻光轴反射率增加的物理过程, 并证明相干多层叠堆是有利的, 但也有利于计算在典型高效市售背光源中不同情况下的预计增益。对增益进行计算, 结果在图 9a 和 9b 中示出。使用了循环利用模型, 该模型假设背光源内所有反射光的偏振态和传播角度都是随机的。这可以很好地逼近由现有市售背光源中常用的中空聚酯反射器构成的背光源。

[0091] 对多个膜叠堆进行建模, 每个叠堆都采用相同的上述高折射率双折射 90/10coPEN 材料, 当正确取向时, 该叠堆具有 $n_{1x} = 1.82$ 、 $n_{1y} = 1.61$ 和 $n_{1z} = 1.505$ 的折射率。用于比较的基线设计采用折射率等于 1.61 的低折射率各向同性聚合物材料, 以使 y 轴折射率失配 Δn_y 变为零。在模型中, 包括了该实施例, 但随后还构建了各向同性折射率从 1.61 至 1.51 的一系列可供选择的实施例, 并且计算了传输到 LCD 面板的偏振光的同轴增益和总 (半球积分) 增益。该模型假设所有膜的吸收损耗为 1%, 背光源腔效率为 90% (进入背光源腔的光线的平均总损耗为 10%)。

[0092] 模型中的膜叠堆为叠堆设计 SD1(各 275 层的两个层组)、SD2(375 层的一个层组)、SD3(275 层的一个层组)、SD4(175 层的一个层组) 和具有各 138 个微层并被光学

厚度的折射率匹配介质隔开的两个层组的层组设计（“SD5”）。类似其他设计，层组设计 SD5 也包括使其在从 400 至 925nm 的波段上反射的层厚度分布。因此，可以将 SD5 设计的结果与 SD3 设计的结果进行比较，以了解将数量基本相同的微层布置成单一相干层组相比将其布置成独立相干但彼此不相干的两个层组的效果。

[0093] 结果如图 9a(对于建模的同轴增益) 和 9b(对于建模的半球增益) 所示。每幅图的横轴均为透光轴折射率差值 Δn_y ，但应当理解，当 Δn_y 从 0 变为 0.1 时，阻光轴差值以相应的方式从 0.21 变为 0.31，面外(z 轴) 差值相应地从 -0.105 变为 -0.005。就这一点而言，为方便起见，可以将结果表示为独立的参数 $\Delta \Delta n$ ，可以将该参数相等地增加到具体基准实施例的 x、y 和 z 折射率差值的每一个上或从中减去，在这种情况下，各个叠堆设计的基准实施例可以是使用 90/10coPEN 材料为双折射聚合物、使用折射率 1.61 的材料为各向同性聚合物的实施例。曲线 110a 和 110b 对应于叠堆设计 SD1，曲线 112a 和 112b 对应于叠堆设计 SD2，曲线 114a 和 114b 对应于叠堆设计 SD3，曲线 116a 和 116b 对应于叠堆设计 SD4，曲线 118a 和 118b 对应于叠堆设计 SD5。应当注意，单一层组相干叠堆的每层增益比单个相干叠堆的 2 层组层合物的每层增益高。总最大增益通常在层数最多时实现，但这需要 PEN 树脂的含量最高，并且为避免看到颜色而控制层分布所需的送料区块也非常复杂。由图可知，对于每种具体的叠堆设计，增益在 Δn_y (或 $\Delta \Delta n$) 的某个值处达到最大值，然后开始减小。优选地，通过合适的材料选择和加工条件选择 Δn_y (或 $\Delta \Delta n$)，以使所选叠堆设计的增益最大化或基本最大化。例如，如果在特定值 Δn_y 或 $\Delta \Delta n$ 处获得最大增益，则 Δn_y 或 $\Delta \Delta n$ 优选地被选择为足够接近该特定值，以实现该最大增益的至少 90% 或 95% 的增益。在许多叠堆设计中，当 Δn_y 在从 0.01 至 0.06 或从 0.01 至 0.05 范围内时，半球或同轴增益达到最大。

[0094] 因此，可以选择最佳层数以在(例如)成本方面使增益最大化。具有 $n_x = 1.82$ 的高折射率层的膜的最佳层数在从 150 至 400 层的范围内，优选地在从 200 至 300、250 至 350 或 275 至 325 等的范围内，这取决于顾客对成本和性能的期望。优化方法也可以应用于双折射率低于 PEN(例如基于纯 PET 的双折射材料)的双折射率的膜。PET 的成本通常低于 PEN，但由于可实现的折射率差值通常较小，因此需要更多层，并且线速度也比较慢。因此，如果一些微层包含聚对苯二甲酸乙二醇酯或其共聚物，则 N 优选地为 800 或更小、或 650 或更小或者在从 300 至 650 的范围内或从 500 至 650 的范围内。

[0095] 上述膜的反射率通常是可见光谱(400–700nm)范围内的反射率平均值，但也可以采用其他范围。例如，Rpassnormal、Rblocknormal、Rpassinc 和 Rblockinc 因此可以表示反射率平均值，但其也可以表示延伸至红外区(如 400–925nm)的反射率平均值，以确保足够的偏轴性能。

[0096] 多层膜对于倾斜角度(例如布鲁斯特角)的反射率可能很难测量，尤其是当膜具有添加到其上的一些表面结构或扩散片时。在这些情况下，使用下列方法更为简单，该方法利用熟知的关系 $R = 1-T-A$ ，其中 A 为吸收率，R 和 T 在积分球内测量。诸如 Perkin Elmer Lambda 900 或 Lambda 950 之类的仪器适合进行这种测量。首先通过测量接近垂直入射角度处的 R_{norm} 和 T_{norm} 确定 A。然后测量所需倾角(例如空气 / 聚合物表面的布鲁斯特角)的 $T_{oblique}$ 。然后通过 $R_{oblique} = 1-T_{oblique}-A$ 得出反射率。倾角处的 A 值可以略微不同，如果需要可以进行修正。但 55 度左右的修正很小。如果膜内存在明显漫射，则

很难用积分球测量 $T_{oblique}$ 。此外，扩散片可以增加膜的吸收率。为了消除因扩散片存在而导致的测量误差，可以用涂层或层合物对扩散层进行平滑处理（如为表面扩散片），或者可以通过（例如）抛光或激光烧蚀进行剥离（如为复合在诸如表层或保护性边界层之类的膜的外层上的体扩散片）。

[0097] 除非另外指示，否则本说明书和权利要求书中用来表示数量、特性量度等的所有数值应当理解为由术语“约”来修饰。因此，除非有相反的指示，否则说明书和权利要求书中列出的数值参数均为近似值，并且根据本领域内的技术人员利用本专利申请的教导内容获得的所需特性而改变。每个数值参数并不旨在限制等同原则在权利要求书保护范围上的应用，至少应该根据所报告数值的有效数位和通过惯常的四舍五入法来解释每一个数值参数。虽然限定本发明大致范围的数值范围和参数是近似值，但就本文所述具体实例中的任何数值而言，都是按尽量合理的精确程度给出。然而，任何数值可以很好地包含与测试或测量限制相关的误差。

[0098] 上述具体实施方式为示例性的，并非旨在限制本发明的范围。本文所公开的实施例可能存在变型形式以及修改形式，本领域的普通技术人员研究本专利文档后可以理解实施例中多种元件的实际替代物和等同物。在不脱离本发明的精神和范围的前提下，可实施本文所公开的实施例的这些和其它变型形式以及修改形式。

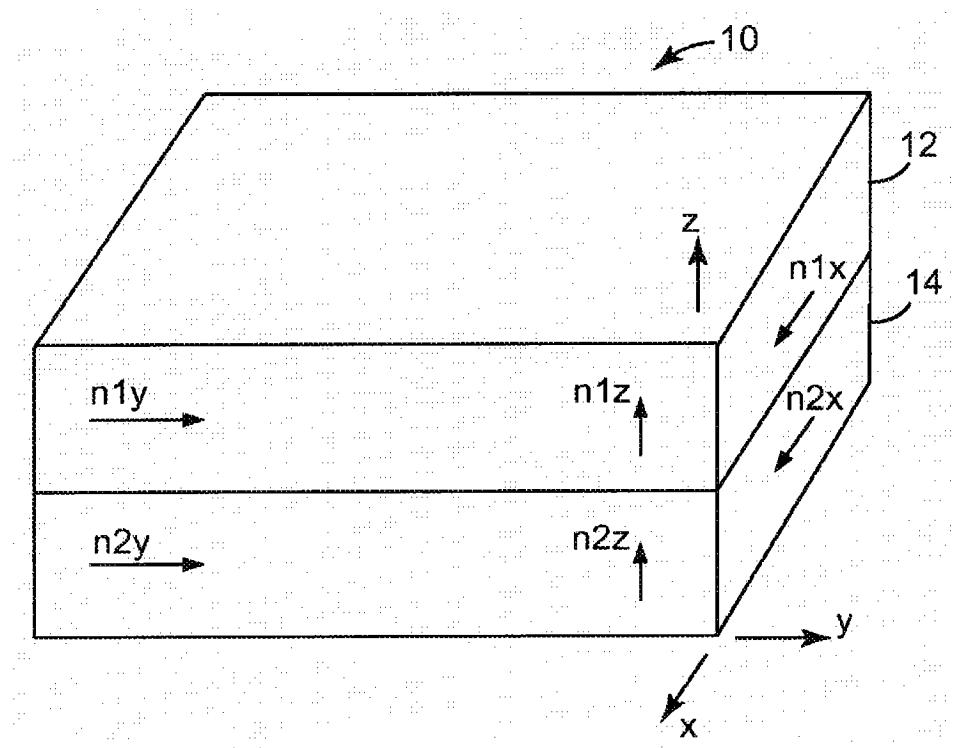


图 1

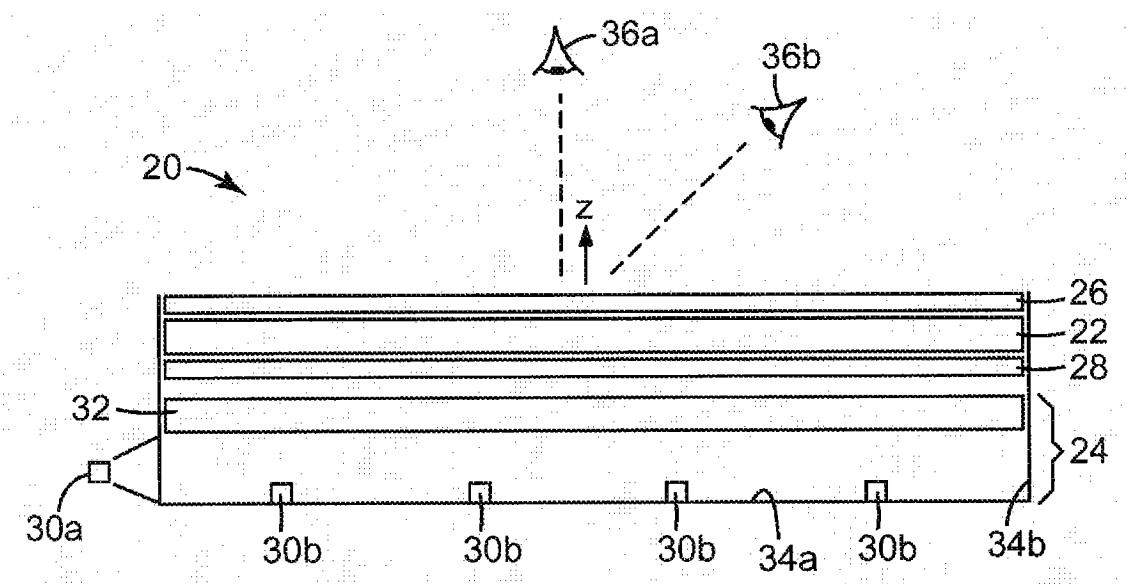


图 2

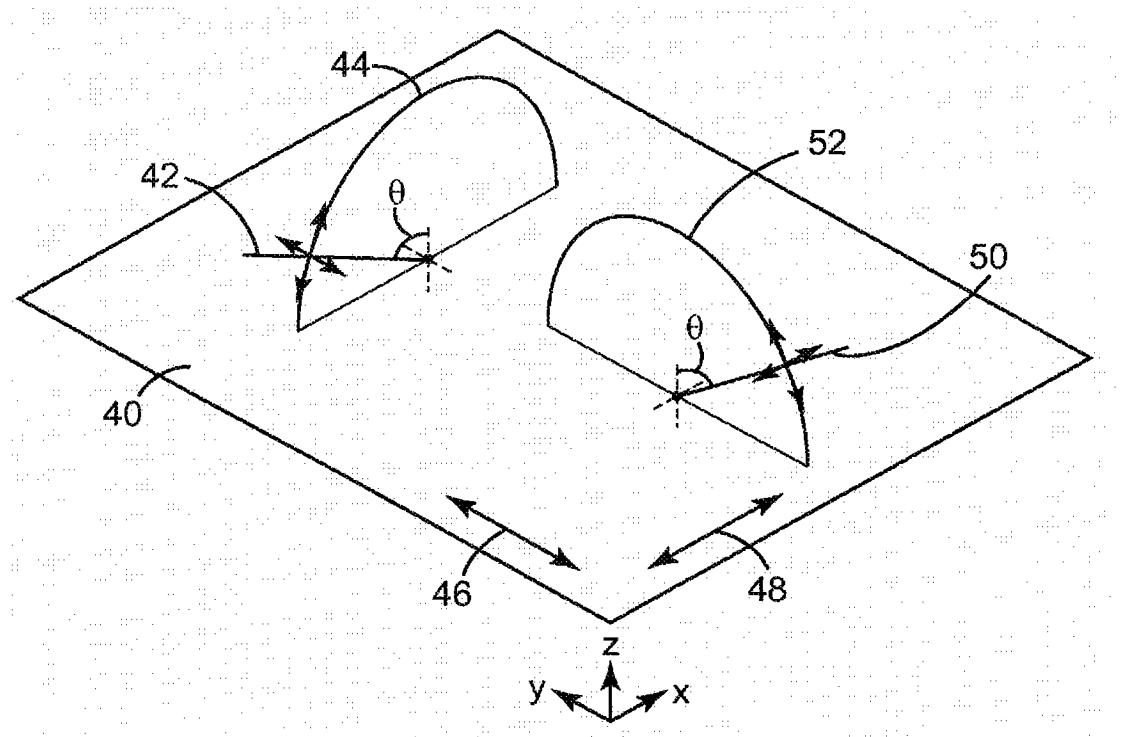


图 3

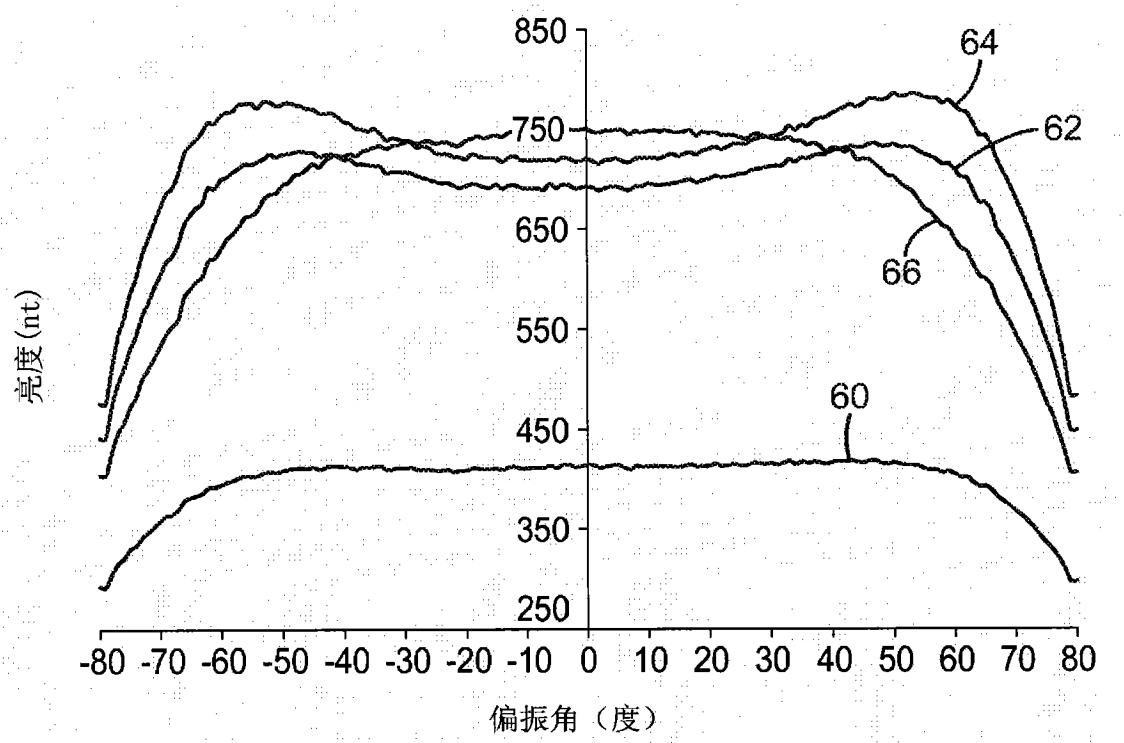


图 4

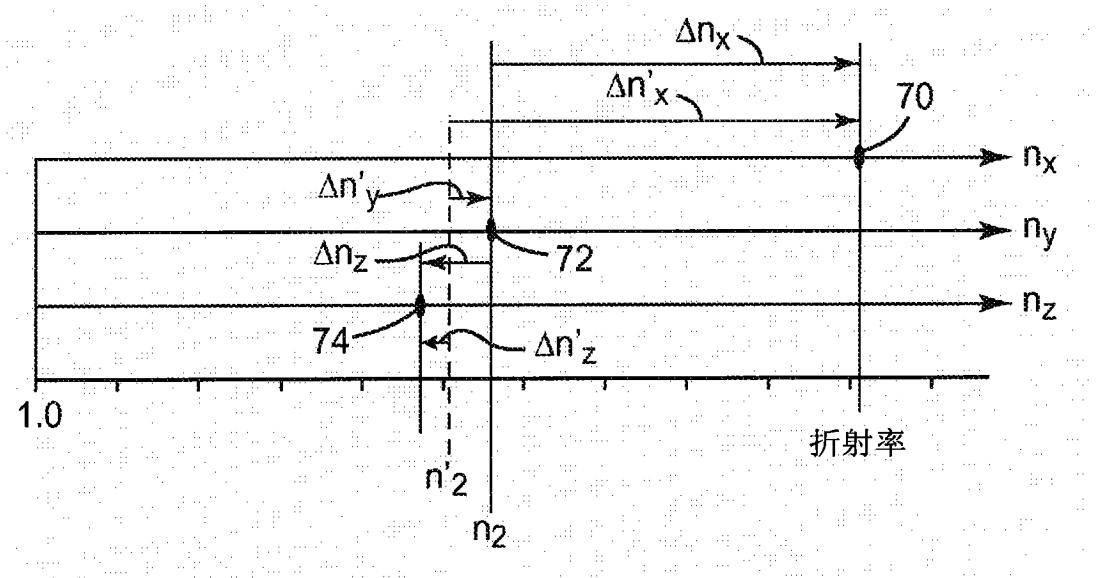


图 5

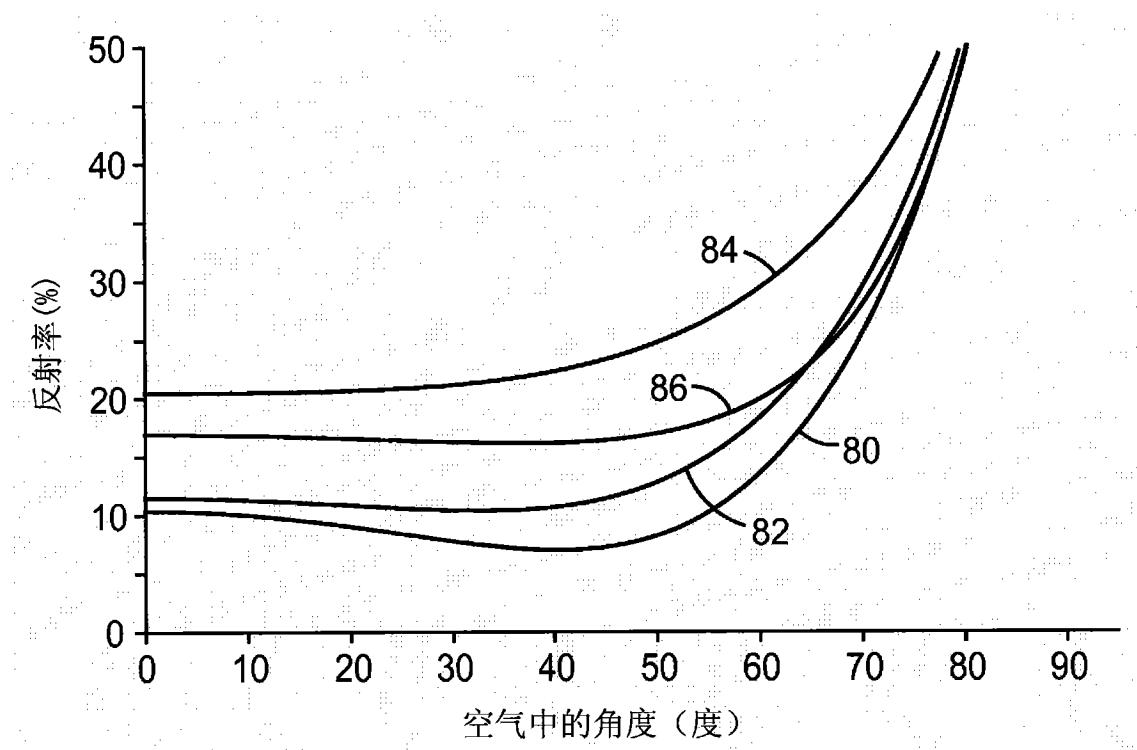


图 6

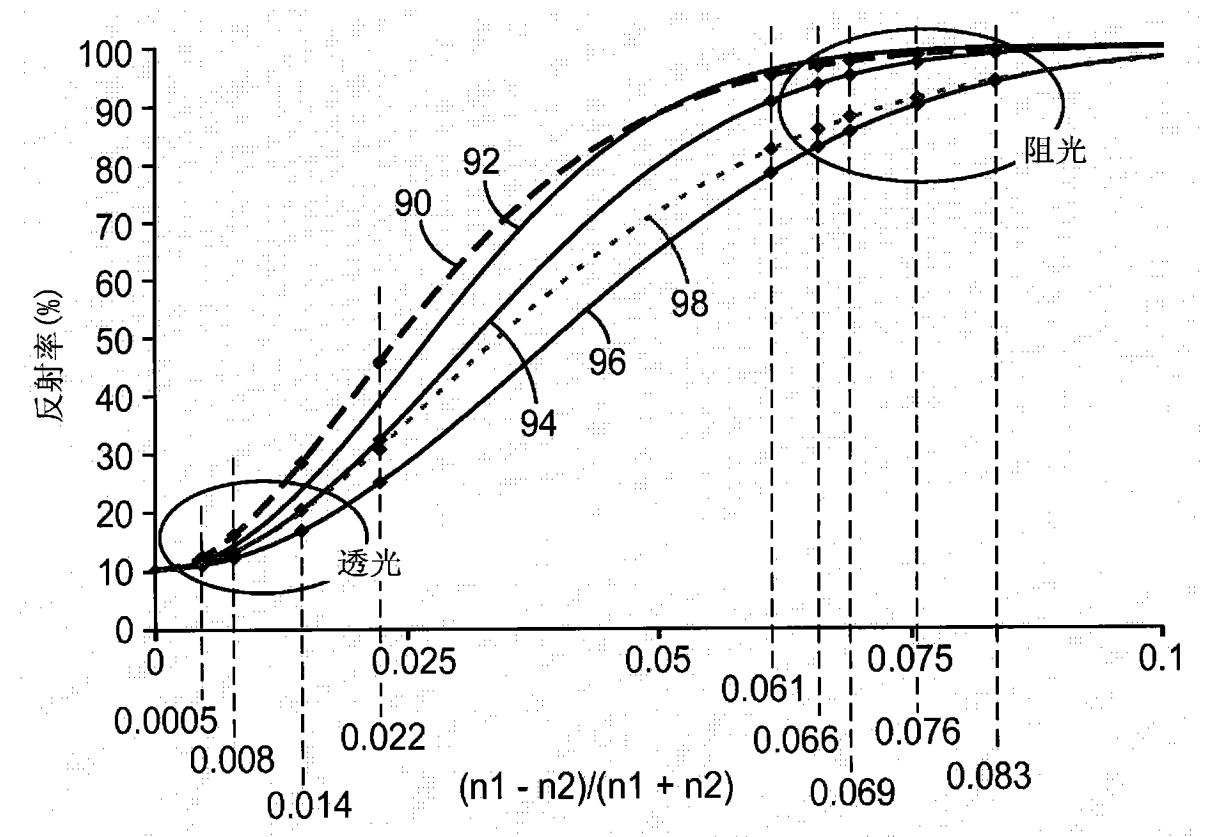


图 7

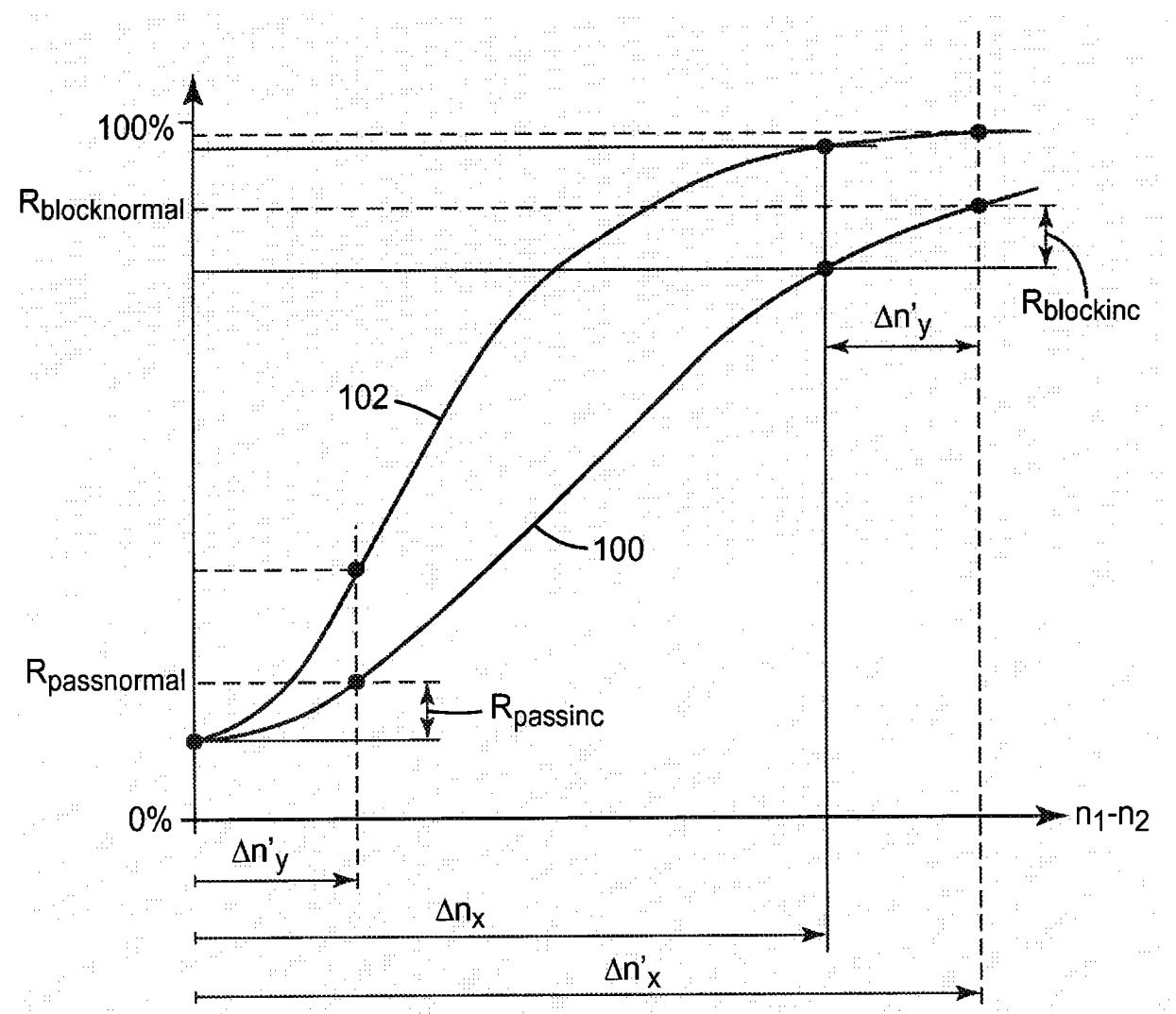


图 8

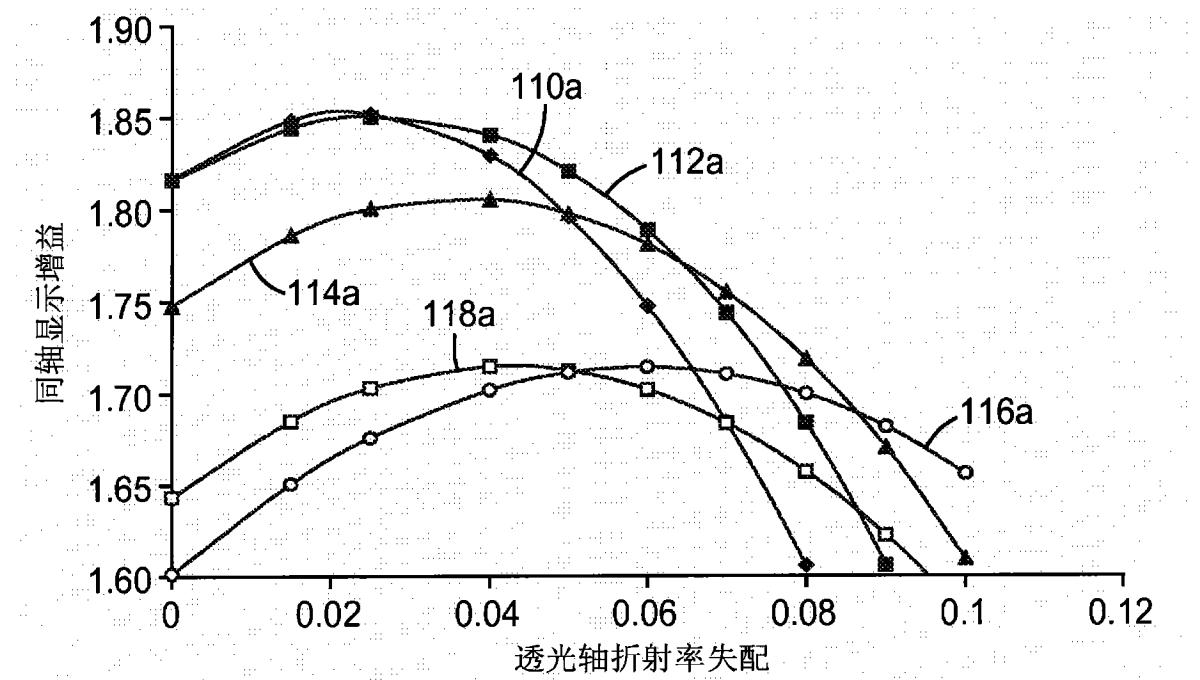


图 9a

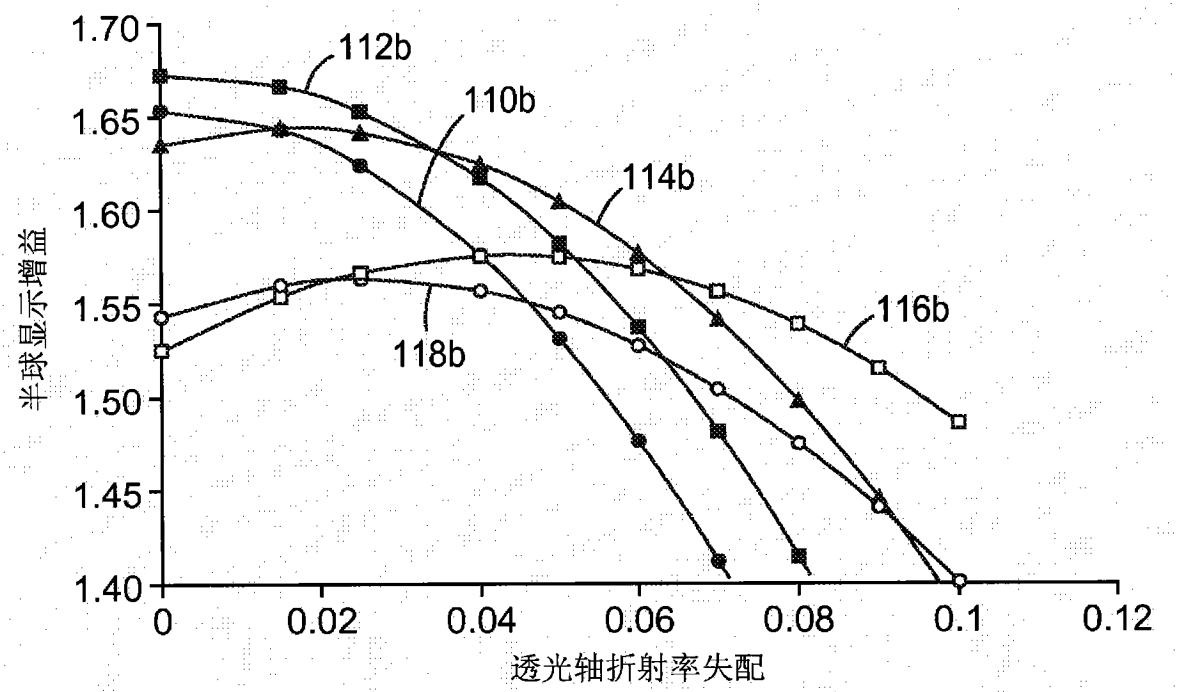


图 9b